

# COVID-19 en la República Dominicana: Declaramos la guerra, pero... ¿estamos ganando?\*

Raul Ovalle Marte<sup>1†</sup> Vicente L. de Peña Peralta<sup>2‡</sup> Francisco A. Ramírez de León<sup>3§</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Economía, PUCMM

<sup>2</sup>Escuela de Economía, UASD

<sup>3</sup> Escuela de Economía UASD - PUCMM

17/04/2020

## Resumen

En este documento se presentan estimaciones de la tasa de contagio y el número reproductivo  $R_0$  del COVID-19 para la República Dominicana, contrastándolas con las identificadas para una selección de países. Las estimaciones se obtienen adaptando el enfoque estado-espacio al modelo canónico de epidemiología SIR. Con datos al 16 de abril, los resultados indican una tendencia decreciente en los contagios secundarios ( $R_0$ ), sugiriendo que las políticas de distanciamiento han sido efectivas en disminuir la propagación del virus. Sin embargo, también sugieren que para reducirla a los niveles prevalecientes en los países que han sido más exitosos conteniendo la epidemia, se deberían fortalecer y extender las medidas vigentes.

**Palabras claves:** SIR, Epidemiología, Espacio Estado, Filtro de Kalman, Tasa de Contagio, Número Reproductivo Básico ( $R_0$ ).

---

\*Los puntos de vistas expresados son de los autores y no de las instituciones en las que trabajan.

†raulovalle@gmail.com

‡vicenteluis9@gmail.com

§fardl0783@gmail.com

## 1. Introducción

El riesgo de propagación indiscriminada del COVID-19 es el principal desafío que enfrentan autoridades gubernamentales, líderes del sector privado y la ciudadanía en general a nivel global, incluyendo la República Dominicana, debido a las consecuencias humanitarias y económicas que acarrea.

Con el objetivo de analizar la evolución de la pandemia, tanto en términos de su tamaño final y el momento en que alcanza su pico, como de las condiciones bajo las cuales se disipa, hacedores de política e investigadores en todas partes del mundo emplean modelos que les permitan caracterizarla.

Este documento contribuye a esa discusión proponiendo una adecuación al modelo canónico usado en epidemiología (SIR)[Sebastian and Victor, 2017] y [Eksin et al., 2019], adaptando el enfoque de estado-espacio usado regularmente en el ámbito de las proyecciones econométricas. Esto, en sí mismo, no es una novedad en términos metodológicos, pero sí lo es en cuanto a su aplicación, dado que se emplea para diagnosticar la dinámica del COVID-19 en la República Dominicana, contrastándola con la de una selección de países.

Evalutando la tendencia del número básico de reproducción ( $R_0$ ) del virus, esto es, la cantidad de contagios adicionales que provoca un infectado nuevo, se concluye que tanto en la República Dominicana como en los países evaluados, las políticas de distanciamiento han reducido la propagación del virus. En el caso dominicano, estas pasaron de un promedio de 9 contagios secundarios, previo a la adopción de las medidas, a un número de 2 posterior a las mismas.

Las decisiones que adopten las autoridades en las próximas semanas, así como la conducta de la población en general, determinarán si el  $R_0$  continuará su ritmo decreciente, resultando en un menor número de vidas afectadas, o revertirá su tendencia.

Con datos al 16 de abril de 2020, de continuar su tendencia decreciente, si se estabilizara alrededor de uno durante los próximos 30 días, como ha ocurrido en China y Corea del Sur, el mayor nivel de nuevos contagios diarios ocurriría a principios de mayo, con un máximo de casos esperado menor a 300 por día, en tanto el pico de casos totales acumulados sucedería en diciembre de 2020, aproximando 11,500.

Si por el contrario, se quiebra la tendencia y  $R_0$  se estabiliza en los niveles actuales, la pandemia se propagaría lo suficiente para que el mayor nivel de nuevos contagios diarios alcance 10,700 hacia mediados de septiembre, en tanto el pico en casos totales acumulados sucedería a mediados de octubre 2020, infectando a cerca del 7 % de la población dominicana.

El resto del documento se organiza como sigue: la sección 2 deriva el marco metodológico propuesto, especificando la representación estado-espacio en el modelo epidemiológico SIR. La sección 3 analiza los datos utilizados, en tanto la sección 4 presenta los resultados. La sección 5 concluye.

## 2. Metodología

Para caracterizar la evolución de la epidemia ocuparemos el modelo canónico usado en epidemiología [Kermack and McKendrick, 1927], y aplicado para el estudio de la evolución del COVID-19 en el caso dominicano por [De Peña and Ramírez, 2020], mejor conocido como SIR. Bajo este marco, la población ( $N$ ) en riesgo de contraer una enfermedad contagiosa se divide en tres grupos: susceptibles ( $S_t$ ), infectados ( $I_t$ ) y removidos ( $R_t$ ).

Los susceptibles son personas no inmunes al virus, que aún no han entrado en contacto con infectados, pero se contagian al hacerlo. Los infectados son ex-susceptibles que habiendo interactuado con contagiados, contrajeron el virus, y por tanto, son capaces de transmitirlo. Los removidos son ex-infectados que contrajeron el virus pero no son capaces de transmitirlo, ya sea porque adquirieron inmunidad tras recuperarse o fallecieron a causa del mismo.

Por simplicidad, el modelo no considera crecimiento poblacional (i.e.:  $N = S_t + I_t + R_t$ ), supone que el período de incubación del agente infeccioso es instantáneo (i.e.: los síntomas se manifiestan a partir del contagio) y asume que el período de contagio es igual al de la duración de la enfermedad (i.e.: los contagiados pueden transmitirlo hasta tanto se recuperen).

Bajo estos supuestos, la dinámica del modelo suele ilustrarse con el siguiente esquema (Figura 1), que muestra que los susceptibles transicionan al grupo de infectados según la velocidad de contagio de la enfermedad, capturada por el parámetro  $\beta$ , en tanto los infectados transicionan al grupo de removidos según la duración de la enfermedad, reflejada en el parámetro  $\gamma$ .

**Figura 1.** Esquema del modelo SIR básico



Fuente: Elaboración propia

Estas dinámicas se pueden representar a través del siguiente sistema de ecuaciones diferenciales representado:

$$\frac{\partial S_t}{\partial t} = -\beta S_t I_t \quad (1)$$

$$\frac{\partial I_t}{\partial t} = \beta I_t S_t - \gamma I_t \quad (2)$$

$$\frac{\partial R_t}{\partial t} = \gamma I_t \quad (3)$$

donde  $\beta$  se refiere a la tasa efectiva de contacto, definida como la probabilidad de que un contacto entre un individuo susceptible y un infectado resulte en contagio, en tanto  $\gamma$  corresponde a la tasa de crecimiento de la población removida<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> $\beta$  recoge la combinación de la cantidad de interacciones ocurridas entre toda la población más el grado de transmisibilidad del virus.  $\gamma$  se define como el inverso del período de incubación del virus.

La ecuación 1 muestra que, asumiendo que todos los individuos tienen la misma probabilidad de contagiarse<sup>2</sup>, la variación del número de susceptibles es inversa a la tasa efectiva de contacto. De 2 se observa que la variación del número de infectados aumenta con la cantidad de susceptibles que se contagian ( $\beta S_t I_t$ ) y decrece en la medida que son removidos ( $-\lambda I_t$ ). Finalmente, 3 captura los infectados que pasan a ser removidos y dejan de incidir en el desarrollo de la epidemia, ya sea porque se recuperaron y adquirieron inmunidad, o porque fallecieron.

Una vez definidas las condiciones iniciales del modelo<sup>3</sup> más los parámetros  $\beta$  y  $\gamma$ , podremos cuantificar el número de susceptibles, infectados y removidos en cada momento del tiempo, lo que permitirá caracterizar la epidemia en términos de su tamaño final<sup>4</sup>, el momento en que alcanza su pico y bajo qué condiciones se disipa.

Nótese que podemos reescribir (2) en términos de la tasa de crecimiento de los infectados ( $\frac{\partial I_t}{\partial t} = (\beta S - \gamma)I_t$ ) y con ello establecer que la epidemia se disipará (i.e.:  $\frac{\partial I_t}{\partial t} \leq 0$ ) siempre que  $\frac{\beta S}{\gamma} < 1$  y se expandirá en caso contrario. En epidemiología, esta última expresión se conoce como número básico de reproducción ( $R_0 = \frac{\beta S}{\gamma}$ ), y refleja el número promedio de contagios secundarios, generados por un caso de contagio nuevo en una población susceptible, durante un período infeccioso [Dietz, 1993].

$R_0$  es la variable más importante de calcular y monitorear durante un brote infeccioso. Recoge tres elementos fundamentales de la evolución de una epidemia: la duración del contagio, el grado de transmisibilidad de la enfermedad y la tasa de contacto entre sujetos de la población susceptible. Dado que las dos primeras son características inherentes al patógeno, los esfuerzos de las autoridades para mitigar la propagación del virus suelen enfocarse en alterar patrones de contacto entre individuos implementando medidas de distanciamiento social, como toques de queda o cierres de escuelas y negocios<sup>5</sup>. Esto último implica que la tasa efectiva de contacto,  $\beta$ , en lugar de ser constante, podría variar en el tiempo ( $\beta_t$ ) producto de las intervenciones de las autoridades, y en consecuencia, también  $R_0$ <sup>6</sup>.

De lo anterior, para capturar de forma más precisa la dinámica de las epidemias ante episodios de intervenciones que alteren la conducta social de los individuos, emplearemos  $R_t$  o el número efectivo de reproducción. [Liu et al., 2018] señala que, ante estimaciones confiables de  $\gamma$ , el análisis Bayesiano de  $\beta_t$  y  $R_t$  se constituye como una herramienta útil a la hora de analizar la dinámica de las pandemias.

## 2.1. Modelo Espacio - Estado

El modelo espacio estado se especifica usando la ecuación dinámica de los infectados ( $I(t)$ ), (ecuación 2) en tiempo discreto del modelo SIR presentado, y a diferencia de este modelo, se trata como variable de estado a la tasa de contagio ( $\beta_t$ ), es decir, un parámetro cambiante. La especificación es la siguiente:

$$\Delta I_t = \beta_t I_{t-1} - \gamma I_{t-1} \quad (4)$$

<sup>2</sup>Esto se conoce como Ley de Masas e implica que la incidencia de una epidemia depende directamente del producto del número de individuos infectados por el número de susceptibles [Ross and Thomson, 1910]

<sup>3</sup>Para ello, supondremos que la epidemia inicia con un determinado número de infectados ( $I(0) = I_0$ ), que aún no se recuperan ni fallecen (i.e.:  $R_0 = 0$ ), lo que define el número inicial de susceptibles como  $S_0 = N - I_0$ .

<sup>4</sup>Esto se refiere a la cantidad total de infectados durante el transcurso de la epidemia, también conocido como la *tasa de ataque* en el campo de la epidemiología aplicada, y suele expresarse como % de la población analizada.

<sup>5</sup>En rigor existen ejemplos de medidas no asociadas a limitar patrones de contactos, sino el grado de transmisibilidad del virus, como las campañas educativas de uso de preservativos en el caso del VIH o la de aumentar la frecuencia de lavado de manos en el caso de COVID-19.

<sup>6</sup>Véase Delamater et al. [2019].

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

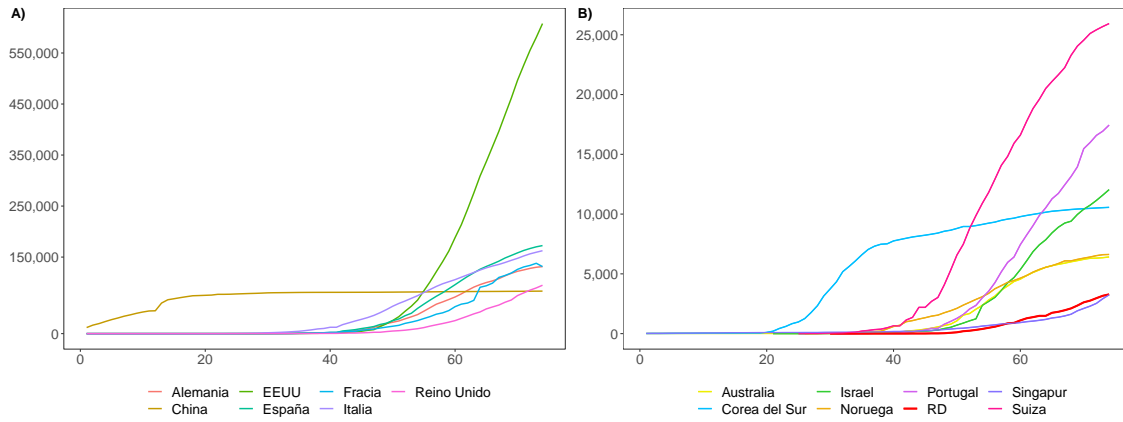
$$E_t(\varepsilon_t) = 0; \quad var(\varepsilon_t) = \sigma^2 \quad (6)$$

donde la primera expresión es la ecuación de observación, la cual asume que no hay error de medición. Mientras que la segunda es la ecuación de estado que caracteriza la dinámica de la tasa de contagio. El supuesto de que  $\beta_t$  es un parámetro cambiante permite una especificación más flexible del modelo SIR y considera el hecho de que el mismo es incidido por la probabilidad de contagio y la interacción humana. Este último factor es impactado por el efecto de las políticas de distanciamiento y otras medidas que limitan la exposición al virus.

### 3. Datos

Para llevar a cabo la estrategia descrita en la sección anterior se utilizan tres fuentes de datos. La primera, el número diario de infectados, tanto los acumulados (Figura 2) como los nuevos (Figura 3), obtenidos de la base de datos de la web del Centro de Ciencias de Sistemas e Ingeniería de la Universidad Johns Hopkins<sup>7</sup>. Estas series se utilizan para estimar la tasa de contagio y a partir los parámetros de transmisión para República Dominicana y un conjunto de países.

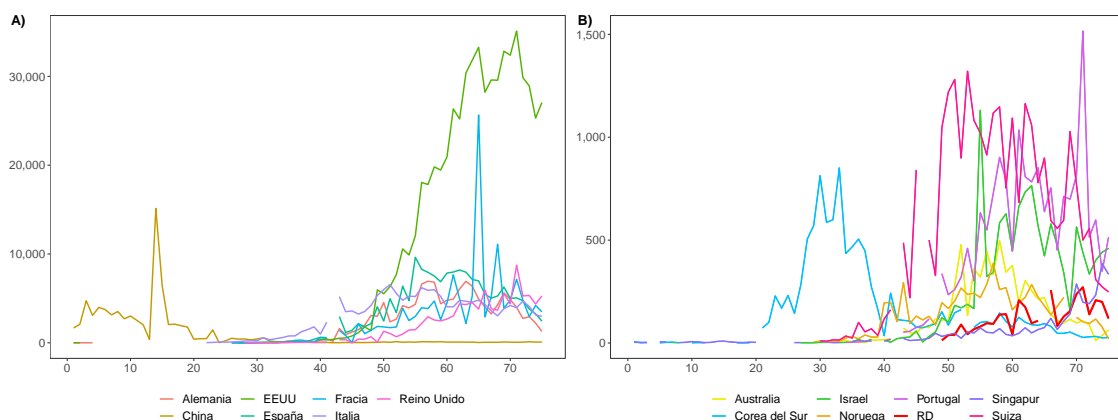
**Figura 2.** Casos acumulados diarios COVID-19 para países seleccionados  
(22 de enero al 16 de abril 2020)



Fuente: Elaboración propia con datos de [joachim-gassen/tidycovid19](https://github.com/joachim-gassen/tidycovid19)

<sup>7</sup><https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

**Figura 3.** Casos nuevos diarios COVID-19 para países seleccionados (22 de enero al 16 de abril 2020)



Fuente: Elaboración propia con datos de [joachim-gassen/tidycovid19](https://github.com/joachim-gassen/tidycovid19)

China y Corea del Sur son seleccionados debido a que se encuentran en una fase avanzada de la curva, mientras que Alemania, España, Francia e Italia, a la fecha de la publicación de este documento se encontraban en la etapa intermedia, cerca de lo que sería un punto de inflexión. Por su parte, Estados Unidos, es el caso de un país donde el virus se encuentra en el momento crítico de propagación. La selección de los restantes obedece, al igual que los anteriores, a que se constituyen como los países líderes en realización de pruebas a sus habitantes, garantizando una mejor caracterización de la evolución de la pandemia.

La segunda es la base de datos desarrollada por Joachim Gassem<sup>8</sup> para el estudio de la pandemia, de la cual se extraen datos de patrones de movilidad publicados por Google. La [Tabla 1](#) resume esta información para los países en cuestión. La tercera fuente corresponde a las publicaciones oficiales de fechas en las que se adoptaron medidas de restricción de circulación, ya sean parciales o totales, en los países seleccionados.

Por último, las condiciones iniciales del modelo asumen una población  $N = 10$  millones de personas, una tasa de recuperación  $\gamma = 1/14$ <sup>9</sup> y un primer infectado al 1ro. de marzo del 2020. Los valores de los parámetros  $\beta_t$  se establecen utilizando la metodología descrita en la sección 2.1. La simulación se ejecuta hasta 31 de diciembre 2020.

<sup>8</sup>Esta base de datos es parte del paquete tidycovid19 del programa de análisis estadísticos R Studio [joachim-gassen/tidycovid19](https://github.com/joachim-gassen/tidycovid19)

<sup>9</sup>La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que el período de incubación máximo del virus son 14 días <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-coronaviruses>

**Tabla 1.** *Patrones de Movilidad países seleccionados 3 enero a 15 de abril 2020*

Países	Sectores						Cuarentena Parcial	Total o
	Ocio y minoristas	Farmacias y Comestibles	Parques	Transporte	Trabajo	Residencias		
Rep. Dom.	-78 %	-58 %	-69 %	-85 %	-67 %	28 %	20 y 27 de marzo	
Alemania	-56 %	0 %	35 %	-48 %	-29 %	10 %	20 de mar y 9 de abril	
Australia	-40 %	-18 %	-51 %	-63 %	-41 %	18 %	23 de marzo	
Austria	-88 %	-62 %	-76 %	-2 %	-62 %	-70 %	No tiene	
Belgica	-79 %	-25 %	-20 %	-60 %	-47 %	20 %	43,907	
China	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	23 de Enero	
Corea del Sur	-16 %	10 %	17 %	-13 %	-7 %	6 %	No tiene	
EE. UU.	-45 %	-7 %	-16 %	-49 %	-38 %	14 %	23 Marzo New York	
España	-92 %	-44 %	-85 %	-84 %	-63 %	26 %	14 de Marzo	
Francia	-86 %	-39 %	-74 %	-79 %	-55 %	23 %	16 de marzo	
Israel	-89 %	-37 %	-74 %	-59 %	-45 %	16 %	19 de Marzo	
Italia	-86 %	-42 %	-83 %	-78 %	-62 %	26 %	10 de Marzo	
Noruega	-43 %	-2 %	-2 %	-55 %	-36 %	9 %	12 de Marzo	
Portugal	-78 %	-40 %	-73 %	-77 %	-58 %	26 %	No tiene	
Reino Unido	-81 %	-32 %	-37 %	-70 %	-57 %	19 %	23 de marzo	
Singapur	-61 %	-21 %	-51 %	-66 %	-51 %	32 %	7 de Abril	
Suiza	-77 %	11 %	27 %	-47 %	-41 %	15 %	No tiene	

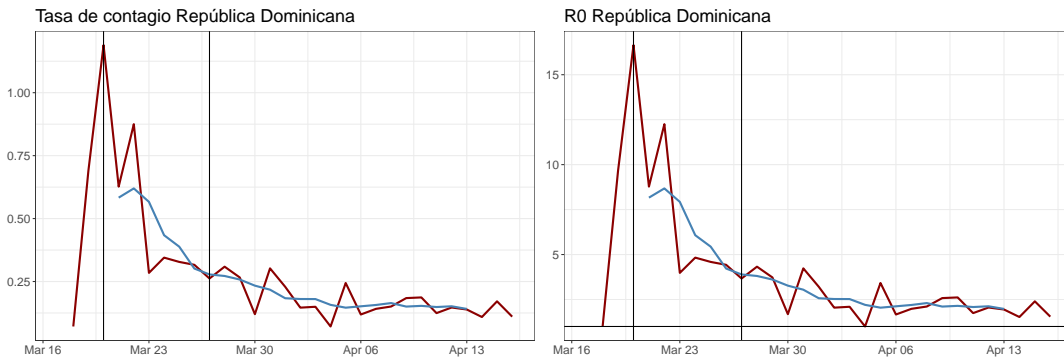
Fuente: Elaboración propia con datos de [joachim-gassen/tidycovid19](https://joachim-gassen.github.io/tidycovid19/)"

## 4. Resultados

Utilizando los datos de contagios por COVID-19 en la República Dominicana y en un grupo de países seleccionados<sup>10</sup>, se estiman las tasas efectivas de contacto ( $\beta_t$ ) y el correspondiente número de contagios secundarios ( $R_t$ ), con el fin de evaluar la efectividad de las políticas de distanciamiento social a la hora de mitigar la propagación del virus.

La [Figura 4](#) muestra la evolución de  $\beta_t$  y  $R_t$  en la República Dominicana a partir de la detección del primer contagio, y adicionalmente presenta datos de la variación de visitas en lugares comúnmente frecuentados por la población.<sup>11</sup>

**Figura 4.** Trayectoria de  $\beta$ ,  $R_0$  en la República Dominicana 16 de marzo al 15 de abril 2020. Efectos del distanciamiento social según datos de google maps 23 de enero al 10 de abril 2020



Fuente: Elaboración propia

<sup>10</sup>Selección en base a países líderes de ranking global en pruebas suministradas per cápita.

<sup>11</sup>El mismo ejercicio se replica para el resto de los países en el anexo A.

Los resultados reflejan una tendencia decreciente de la tasa efectiva de contacto y, por consiguiente, del grado de propagación del virus. Dicha dinámica se aprecia aún previo a la adopción de medidas gubernamentales, posiblemente reflejando conductas de auto-aislamiento adoptadas por las personas, que se acentúa a partir de la implementación de las diversas políticas de distanciamiento aplicadas por las autoridades.

En el caso de República Dominicana, la reducción en la tasa de contacto alcanza 77 %, consistente con la caída observada en los datos de movilidad de Google, y superando los declives observados en Estados Unidos, Francia y Singapur, lo que permitió reducir el promedio de contagios secundarios por semana de un máximo de 9 -previo a la implementación de las medidas- a 2, posterior a las mismas.

Del resto de los países evaluados, Italia, Corea del Sur y Noruega lograron la mayor disminución en sus tasas de contacto, con caídas de al menos 90 % desde sus niveles picos hasta la fecha, lo que contribuyó a que el número de contagios secundarios de la última semana se ubique por debajo del 1.4, inferior al rango mínimo estimado por la OMS para el COVID-19<sup>12</sup>. A este logro se suman Australia, Austria, China y Hong Kong.

Una forma alternativa de evaluar el impacto de las medidas de las autoridades es analizar el tiempo que requirió cada país en reducir  $R_0$  a los niveles actuales (Tabla 2). De la tabla se aprecia que a partir de la adopción de las medidas de distanciamiento, la República Dominicana requirió 13 días para reducir los contagios secundarios a menos de 3, lo que compara favorablemente con el resto de los países evaluados y dista de los 34 días requeridos por Estados Unidos, el mayor tiempo entre los países evaluados.

**Tabla 2.** Evolución  $R_0$  a partir de medidas distanciamiento social\* (días)

País	$R_0$						
	Días transcurridos a partir medidas	Días requeridos para $R < 1,4$	[1.0-1.4]	[1.5-1.9]	[2.0-2.4]	[2.5-3.0]	>3
Rep. Dom.	23	-	0	0	7	3	13
China	76	23	54	0	7	4	11
Alemania	43	-	3	5	4	4	27
Australia	24	16	9	2	1	3	9
Austria	40	34	7	5	2	2	24
Bélgica	38	-	0	3	6	2	27
Corea del Sur	76	16	38	5	5	3	25
España	43	40	3	5	4	3	28
Estados Unidos	45	-	0	3	2	6	34
Francia	44	-	0	0	6	10	28
Hong Kong	75	23	15	26	9	20	5
Israel	43	-	0	6	2	3	32
Italia	47	43	3	12	4	5	23
Noruega	41	37	5	8	11	1	16
Portugal	36	-	0	4	5	2	25
Singapur	74	23	12	17	28	9	8
Suiza	40	34	3	9	4	2	22

Fuente: Elaboración propia. \*En base a media móvil -5 días de  $R_0$ . Datos al 16 de abril 2020

De los países que redujeron sus contagios secundarios a menos de 1.4, Italia y España -epicentro

<sup>12</sup>En su declaración sobre COVID-19 del 23/01/2020 la OMS destacó como elemento crítico que el  $R_0$  del virus se encuentra en el rango de 1.4-2.5.



Europeo de la pandemia- fueron los que requirieron más tiempo para hacerlo (43 y 40 días, respectivamente), en tanto Australia y Corea del Sur sólo requirieron 16 días, los más rápidos en hacerlo.

La tabla también revela la clave de países que han sido exitosos en contener el virus, como China, que no sólo logró disminuir sus contagios secundarios a niveles menores de 1.4 en un tiempo reducido<sup>13</sup>, sino que ha sido el país que más tiempo se ha mantenido en estos niveles, en concreto, 51 días consecutivos<sup>14</sup>.

Para evaluar estos resultados en términos del número de infectados en la República Dominicana, la [Tabla 3](#) presenta la cantidad de contagiados diarios asociados a distintos números reproductivos, cortados al cierre de cada semana laboral durante los últimos 21 días. Se puede apreciar que las políticas de distanciamiento han desacelerado el ritmo de crecimiento de los infectados. De hecho, si las autoridades no hubiesen adoptado las medidas hoy vigentes, cada nuevo infectado hubiese contagiado a 9 más, lo que hubiese llevado la cifra de contagios a 5.3 millones de personas<sup>15</sup>.

**Tabla 3.** Contagios diarios nuevos según distintos escenarios número de reproducción ( $R_0$ )

Fecha	$R_0$ efectivo entre 3 de marzo y 16 de abril						Escenarios convergencia a $R_0 = 1$		
	8.78	4.43	4.23	3.42	2.62	1.94*	15 días	30 días	60 días
16/3/2020									
21/3/2020	40								
26/3/2020	411	96							
31/3/2020	3741	371	208						
5/4/2020	33755	1108	769	257					
10/4/2020	282639	3306	2170	805	271				
17/4/2020	1225151	15171	9231	2452	941	371	371	371	371
20/4/2020	369386	28933	17094	3947	1305	660	615	638	649
25/4/2020	21073	82519	46989	8702	2249	920	650	782	849
30/4/2020	2392	215237	123042	19050	3870	1283	589	901	1079
5/5/2020	496	444069	283599	41045	6642	1786	510	974	1332
10/5/2020	152	558646	485615	85460	11354	2486	512	985	1596
15/5/2020	61	363413	491859	165677	19270	3455	513	928	1856
20/5/2020	29	155297	285147	279433	32313	4795	514	866	2093
25/5/2020	15	62083	124909	371617	53095	6640	515	871	2288
30/5/2020	9	27136	53870	358460	84380	9168	516	876	2424
4/6/2020	5	13284	25300	254351	127168	12606	517	881	2487
9/6/2020	3	7164	13092	149430	176893	17235	518	885	2470
14/6/2020	2	4161	7353	82560	220090	23381	519	890	2373
19/6/2020	2	2552	4398	46215	238477	31388	520	894	2278
24/6/2020	1	1627	2755	26950	223076	41547	521	899	2273
29/6/2020	1	1067	1784	16436	183204	53978	522	903	2268
4/7/2020	0	714	1184	10426	136932	68453	523	907	2262
9/7/2020	0	484	799	6828	96916	84198	523	911	2255
14/7/2020	0	331	546	4582	67029	99766	524	915	2247
19/7/2020	0	228	376	3132	46212	113134	525	918	2239
24/7/2020	0	158	260	2170	32089	122140	525	922	2230
29/7/2020	0	110	181	1519	22535	125185	526	926	2220
3/8/2020	0	77	126	1071	16016	121846	526	929	2209
8/8/2020	0	53	88	759	11509	113035	527	932	2198
13/8/2020	0	37	62	540	8349	100570	527	935	2185
18/8/2020	0	26	43	385	6103	86485	528	938	2173
23/8/2020	0	18	30	275	4489	72459	528	941	2159

Fuente: Elaboración propia. \*Número reproductivo ( $R_0$ ) estimado al 16 de abril de 2020.

<sup>13</sup>Se logró tras 23 días de haber implementado medidas.

<sup>14</sup>De estos 51 días, 41 estuvieron inferiores a 1.1. Corea del Sur logró este hito durante 5 días.

<sup>15</sup>Este escenario implicaba que el virus hubiese infectado un 50 % de la población, resultado consistente con la estimación para República Dominicana del equipo de respuesta del Imperial College London en su Reporte de Impacto Global del COVID-19, en coordinación con la OMS.

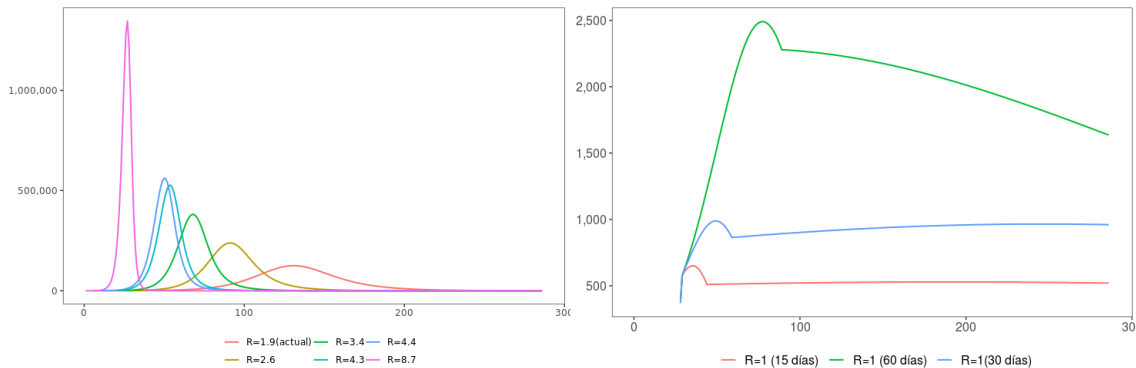
Las cifras anteriores no deben ser subestimadas. A modo de ejemplo, si se considera una tasa de mortalidad de 2%, equivalente a la inicialmente comunicada por la OMS para COVID-19<sup>16</sup>, esos resultados suponen haber impedido el fallecimiento de al menos 100,000 seres humanos.

Los datos al 16 de abril de 2020 señalan que el promedio móvil de 5 días de  $R_t$  alcanzó 1.9, el mínimo nivel desde que iniciaron las medidas de distanciamiento, aunque todavía superior al umbral de 1 lo que garantiza la expansión del virus. De mantenerse estas condiciones, el virus se propagaría infectando un máximo del 5% de la población, en tanto su máximo nivel de nuevos contagios diarios<sup>17</sup> alcanzaría 10,700 personas hacia septiembre de 2020, lo que evidencia la necesidad de extender y fortalecer las políticas de distanciamiento social.

Si tomamos como referencia la efectiva estrategia de contención adoptada por China y Corea del Sur, lograríamos reducir los contagios secundarios desde los niveles vigentes a valores inferiores a 1.1 en los próximos 60 días, el máximo nivel de nuevos contagios diarios se reduciría a cerca de la mitad del nivel estimado actual, alcanzando 5,600 en septiembre 2020. De hacerlo en los próximos 30 días, el mayor nivel de contagios diarios ocurriría hacia principios de mayo, con menos de 300.

Los resultados para República Dominicana, bajo el contexto de la experiencia internacional evaluada, destacan la importancia del uso del número de contagios secundarios,  $R_t$ , como métrica relevante para diagnosticar la evolución de la epidemia.

**Figura 5.** Casos nuevos de contagios para distintos escenarios de  $R_0$ .



Fuente: Elaboración propia.

<sup>16</sup>OMS – Conferencia de prensa sobre COVID-19, 29 enero 2020

<sup>17</sup>Esta cifra se refiere a infectados totales, independientemente si se reportan o no.

## 5. Conclusiones

La mitigación del COVID-19 lidera la lista de prioridades de las principales autoridades públicas y privadas a nivel global, debido al impacto humanitario, social y económico que genera una propagación no gestionada adecuadamente.

En ese contexto, este documento cumple un doble propósito. Primero, contribuye al estudio de la evolución de epidemias, adaptando el enfoque de estado-espacio usado regularmente en el ámbito de pronósticos econométricos, al modelo epidemiológico canónico (SIR). Dicha adecuación permite capturar la dinámica de los principales parámetros del modelo, tradicionalmente asumidos como constantes, lo que resulta en pronósticos de contagios más realistas.

En segundo lugar, este trabajo se constituye como un marco metodológico útil para los hacedores de política, en tanto permite diagnosticar la evolución de la pandemia en términos de su tamaño final, el momento en que alcanza su pico, y bajo cuales condiciones se disipa, a partir de las políticas de distanciamiento adoptadas.

En ese sentido, aplicando dicho marco al análisis de la evolución del COVID-19 en la República Dominicana y un grupo de países seleccionados, se observa que las políticas de distanciamiento han contribuido en reducir la propagación del virus, lo que se refleja en una tendencia decreciente del número básico de reproducción  $R_0$ , esto es, la cantidad de contagios adicionales que provoca un infectado nuevo.<sup>18</sup>

A nivel global, China y Corea del Sur han sido los países más efectivos conteniendo la propagación, no solo por la rapidez en que redujeron  $R_0$ , sino porque han logrado situarlo alrededor del umbral de 1 de forma sostenida, en el caso particular de China, durante más de 50 días.

En el caso de la República Dominicana, la caída observada de  $R_0$ , desde 9 contagios secundarios promedio, previo a la adopción de políticas de distanciamiento, a 2 posterior a las mismas, en tan solo 20 días, supera los declives observados en Francia y Estados Unidos durante el mismo periodo. Los resultados también destacaron la importancia de monitorear el número de contagios secundarios,  $R_t$ , como métrica relevante para diagnosticar la evolución de la epidemia.

En las próximas semanas, las decisiones que adopten las autoridades, en adición a las conductas que asuma la población, determinará si la tendencia decreciente observada en el número de contagios secundarios retrocede, aumentando la propagación del virus, o continua su descenso lo suficiente para aplanar la curva y salvar vidas.

De retroceder, con datos al 16 de abril de 2020, bajo el escenario en que  $R_0$  se estabiliza en los niveles actuales, la pandemia se propagaría lo suficiente para contagiar alrededor del 5 % de la población dominicana hacia principios de septiembre de 2020, con una cifra máxima de 10,700 nuevos contagios diarios.

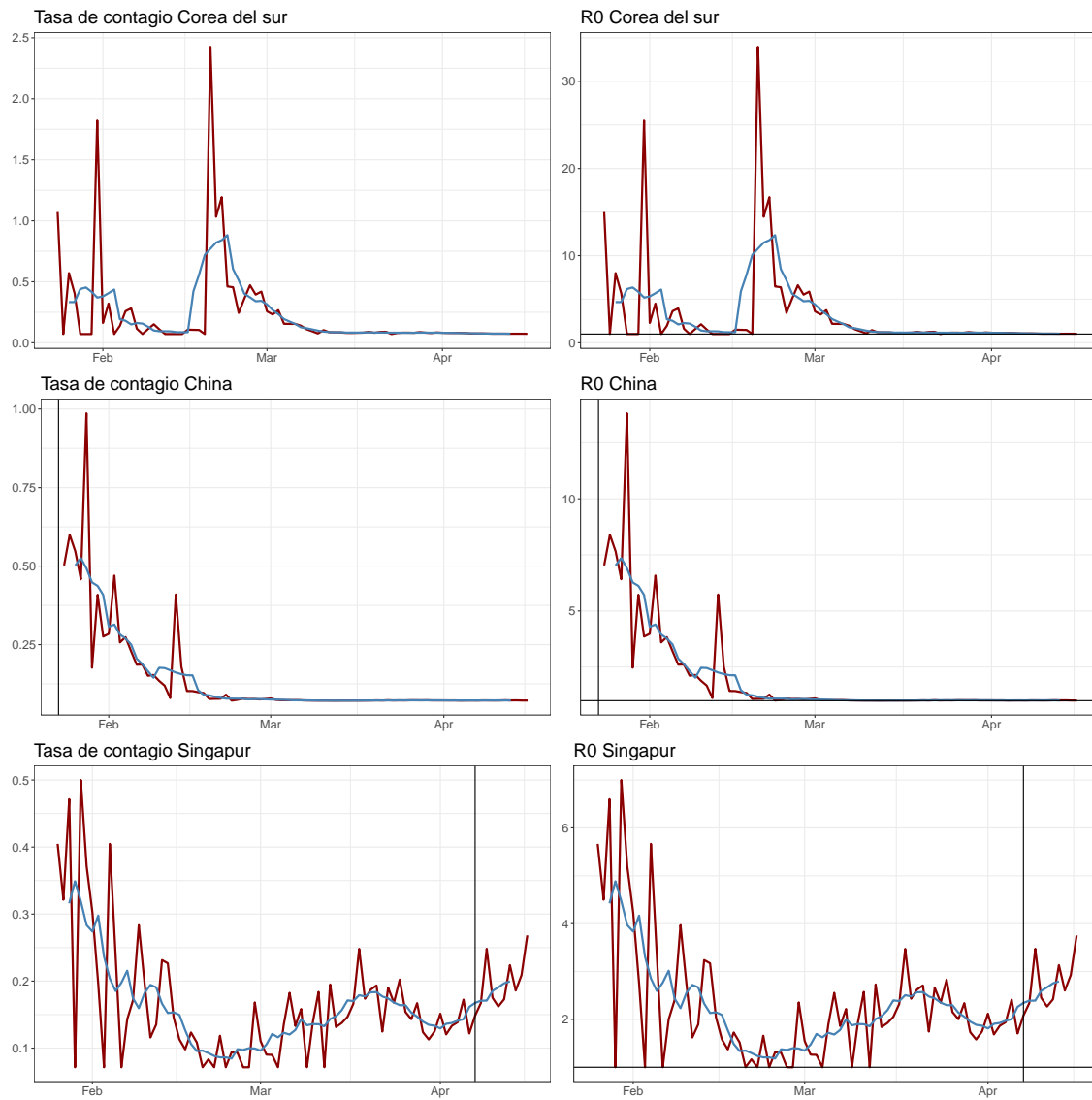
De continuar su tendencia decreciente y estabilizarse en los próximos 60 días en valores cercanos a 1, tal como ocurre en China y Corea del Sur, el máximo nivel de nuevos contagios diarios se reduciría a cerca de la mitad del nivel estimado actual, alcanzando 5,600 en septiembre 2020. De hacerlo en los próximos 30 días, el mayor nivel de contagios diarios ocurriría hacia principios de mayo, con menos de 300.

---

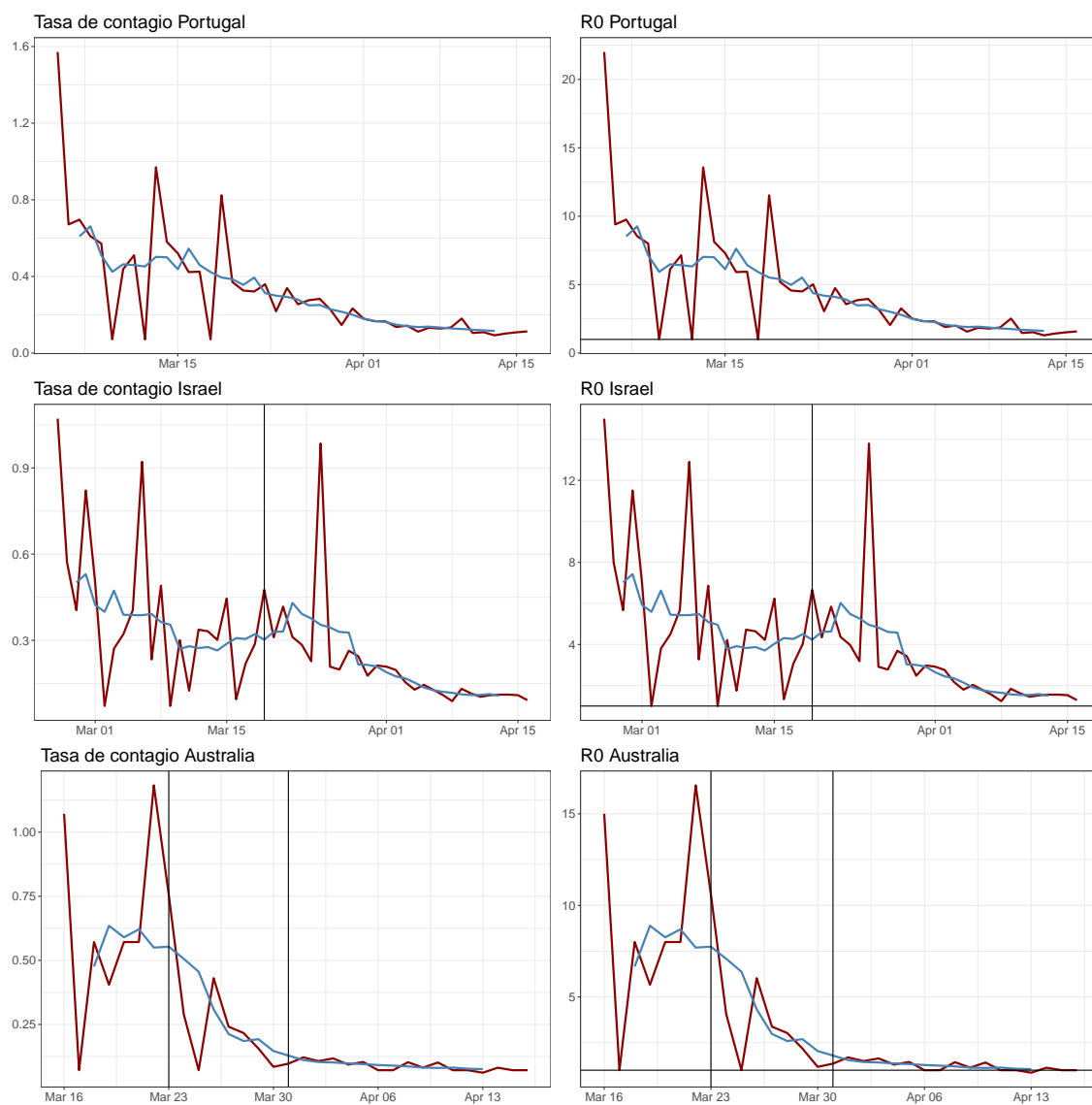
<sup>18</sup>Mientras  $R_0$  supere 1, la propagación del virus continuará, en caso contrario, la epidemia se disipará.

# Anexos

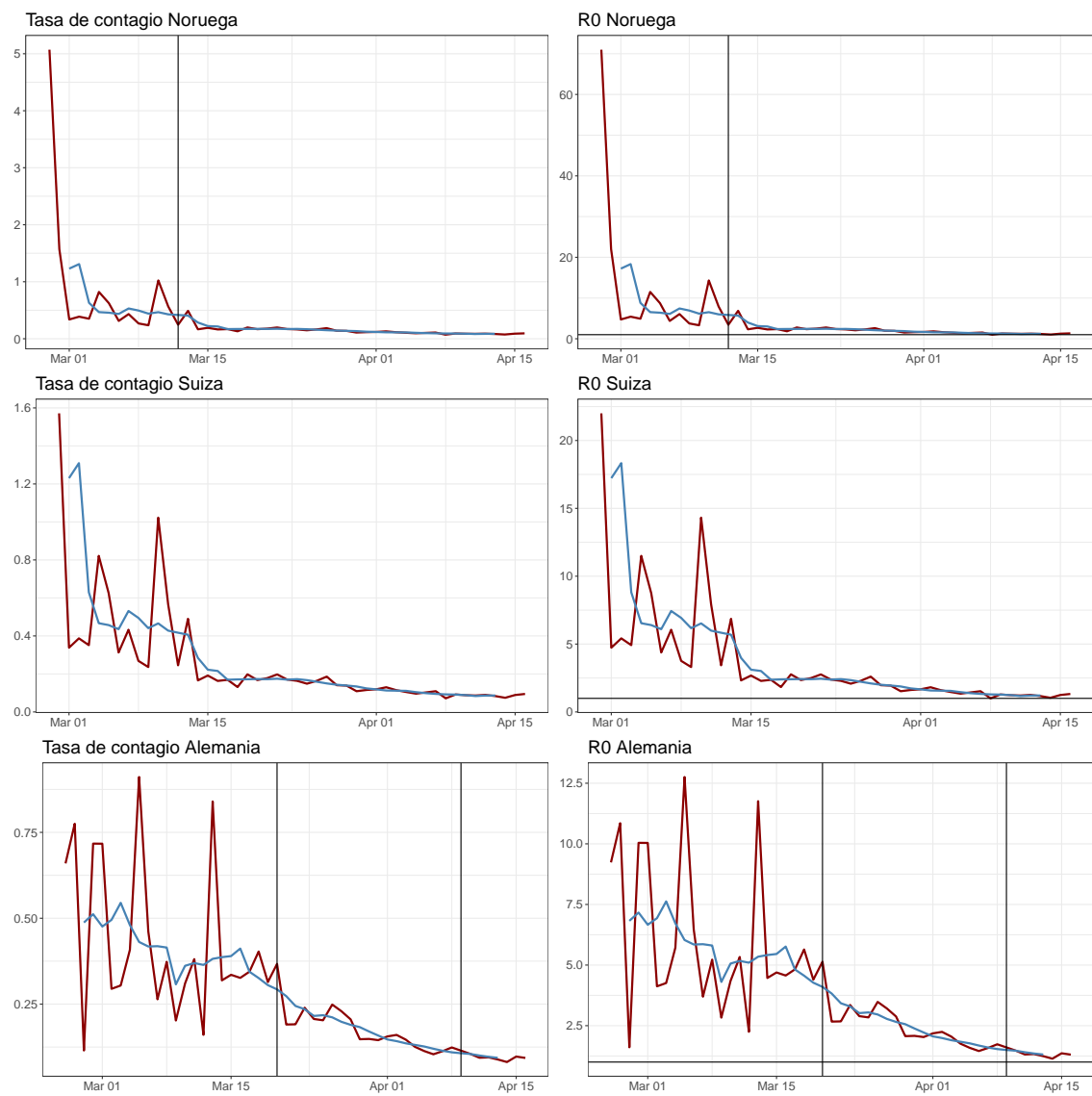
## A. Trayectoria de la tasa de contagio ( $\beta_t$ ) y número básico de reproducción $R_0$ estimados con el modelo estado - espacio, Enero - Abril, 2020



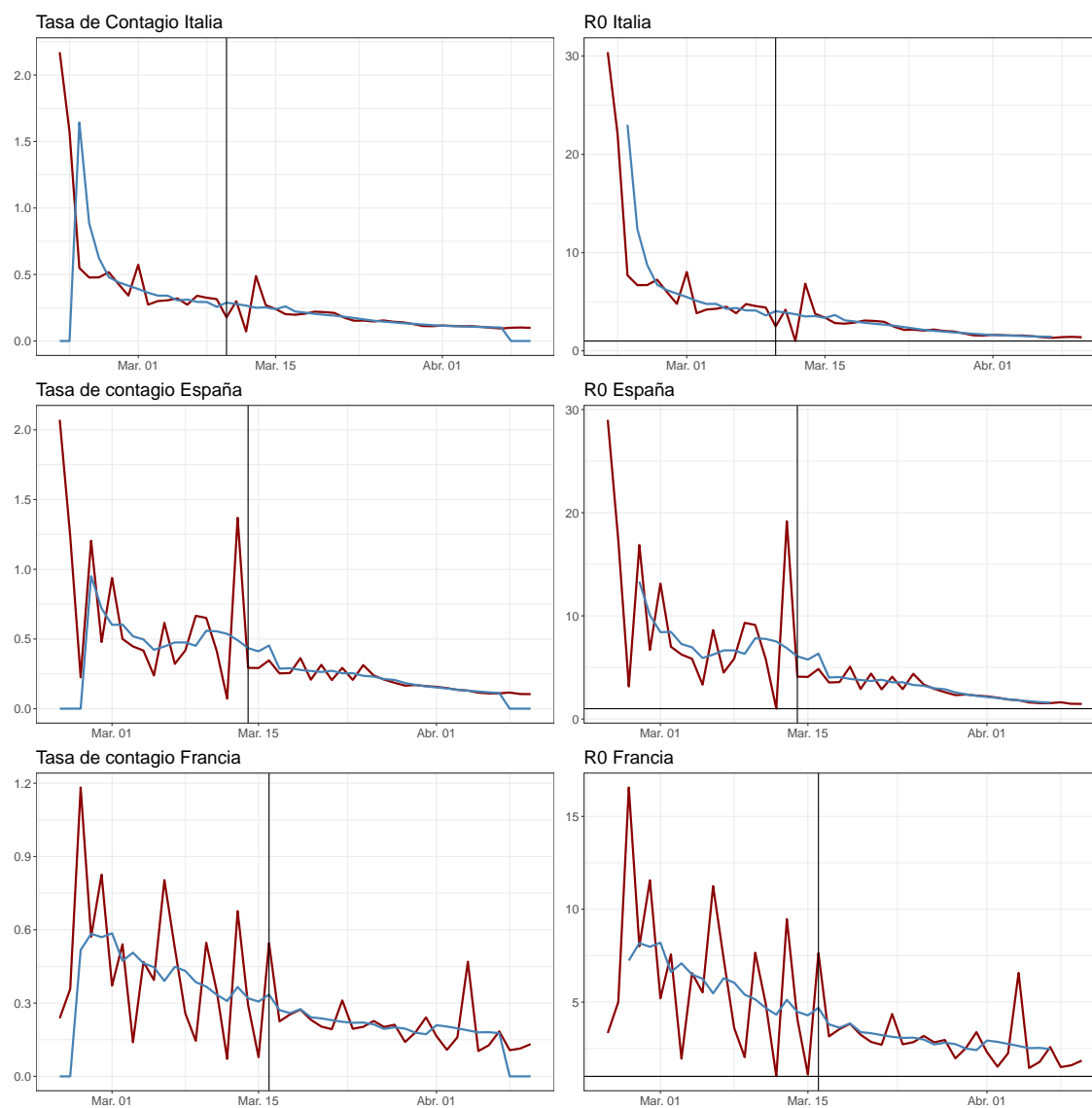
Fuente: Elaboración propia



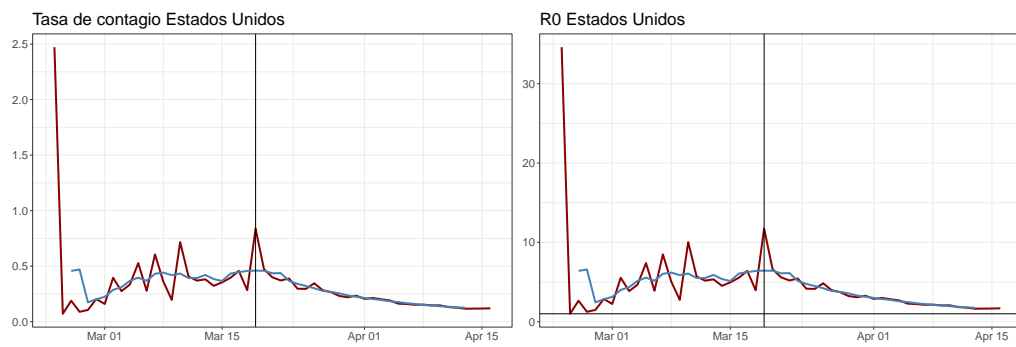
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



## Referencias

- Elizabeth Sebastian and Priyanka Victor. A state space approach for sir epidemic model. *International Journal of Difference Equations*, 12(1):79–87, 2017.
- Ceyhun Eksin, Keith Paarporn, and Joshua S Weitz. Systematic biases in disease forecasting—the role of behavior change. *Epidemics*, 27:96–105, 2019.
- William Ogilvy Kermack and Anderson G McKendrick. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, 115(772):700–721, 1927.
- Vicente L. De Peña and Francisco A. Ramírez. Modelo SIR para el covid-19 en la República Dominicana. <https://drive.google.com/file/d/1w3VhRNDZP-vaoiS-sQQNQRPCvreKFTVh/view?usp=sharing>, 2020.
- Ronald Ross and David Thomson. A case of sleeping sickness studied by precise enumerative methods: regular periodical increase of the parasites disclosed. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 82(557):411–415, 1910.
- Klaus Dietz. The estimation of the basic reproduction number for infectious diseases. *Statistical methods in medical research*, 2(1):23–41, 1993.
- Paul L Delamater, Erica J Street, Timothy F Leslie, Y Tony Yang, and Kathryn H Jacobsen. Complexity of the basic reproduction number ( $r_0$ ). *Emerging infectious diseases*, 25(1):1, 2019.
- Quan-Hui Liu, Marco Ajelli, Alberto Aleta, Stefano Merler, Yamir Moreno, and Alessandro Vespignani. Measurability of the epidemic reproduction number in data-driven contact networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(50):12680–12685, 2018.